

Функциональные ингредиенты для специализированных пищевых продуктов: вопросы, требующие решения

В. М. Коденцова¹, Д. В. Рисник², Е. В. Крюкова³, С. Г. Дарий³

¹ ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова», биологический факультет, г. Москва, Россия

³ ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет» («РОСБИОТЕХ»), Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Обзор литературы за последние годы осуществляли по базам данных РИНЦ, Google Scholar, Pubmed, ReserchGate. При использовании биологически активных веществ (БАВ) в качестве функциональных ингредиентов в составе специализированных пищевых продуктов (СПП) диетического лечебного и диетического профилактического питания возникают проблемы выбора их дозы. Имеются эпидемиологические данные об уровне потребления БАВ с пищей, описана ассоциативная связь между уровнем потребления БАВ и риском заболеваний, а также результаты оценки клинической эффективности. Содержание БАВ регулируется нормативными документами, устанавливающими адекватный и верхний допустимый уровень потребления в составе СПП.

Цель обзора – оценка уровня потребления с пищей куркумина, каротиноидов, β-глюканов и таурина, сопоставление доз, разрешенных для применения в составе СПП, с дозами, обеспечивающими клинический эффект. Анализ данных литературы показал, что потребление с обычным рационом таурина составляет 50–400 мг, куркумина – 10–1500 мг, β-каротина – 0,8–10 мг, ликопина – 5–10,5 мг, лютеина – 1–3 мг, зеаксантина – 0,1–0,6 мг, β-глюканов зерновых – 0,7–2,8 г, β-глюканов грибов – 0,9–1,8 г. За исключением β-глюканов, особенно зерновых, эти величины не превышают действующий верхний допустимый уровень потребления в составе СПП. Результаты клинических испытаний продемонстрировали, что эффективные суточные дозы составляют для лютеина – 15 мг, таурина – 1,5–3 г, куркумина – 300–1600 мг, β-глюканов зерновых – 3–8 г, β-глюканов грибов и дрожжей – около 1 г. Это свидетельствует о необходимости увеличения количества БАВ в СПП диетического лечебного питания до клинически обоснованных величин. Одновременно приведенные данные указывают на целесообразность дифференциации СПП в зависимости от доз БАВ на 2 категории: СПП профилактического и СПП лечебного действия. СПП диетического профилактического питания необходимы для восполнения недостаточного потребления эссенциальных микронутриентов и достижения адекватного уровня потребления БАВ, что снизит риск алиментарно-зависимых заболеваний. Для обеспечения клинического эффекта при патологических состояниях СПП диетического лечебного питания должны содержать более высокие дозы БАВ, превышающие адекватный уровень потребления, но не достигающие верхнего безопасного уровня потребления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биологически активные вещества; специализированные пищевые продукты диетического профилактического и лечебного питания.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Functional Ingredients for specialized Foods: Issues to be Addressed

V. M. Kodentsova¹, D. V. Risnik², E. V. Kryukova³, S. G. Dariy³

¹ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

² Moscow State University M. V. Lomonosov, Moscow, Russia

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia

SUMMARY

Review was carried out using the RSCI, Google Scholar, Pubmed, and ReserchGate databases. When biologically active substances (BAS) are used as functional ingredients in the composition of specialized food products (SPP) of dietary therapeutic and dietary preventive nutrition, the problems of choosing their dose arise. There are epidemiological data on the level of consumption of BAS with food, an associative relationship between the level of consumption of biologically active substances and the risk of diseases, as well as the results of assessing clinical efficacy are described. The content of BAS is regulated by regulatory documents that establish an adequate and upper permissible level of consumption as part of the SPP.

The purpose of the review is to assess the level of dietary intake of curcumin, carotenoids, β-glucans, and taurine, and to compare the doses allowed for use as part of the SPP with doses that provide a clinical effect. An analysis of literature data showed that the consumption of taurine with a normal diet is 50–400 mg, curcumin – 10–1500 mg, β-carotene – 0.8–10 mg, lycopene – 5–10.5 mg, lutein – 1–3 mg, zeaxanthin – 0.1–0.6 mg, cereal β-glucans – 0.7–2.8 g, mushroom β-glucans – 0.9–1.8 g. With the exception of β-glucans, especially cereals, these values do not exceed the current upper allowable consumption level as part of the SPP. The results of clinical trials have shown that effective daily doses for lutein are 15 mg, taurine are 1.5–3 g, curcumin are 300–1600 mg, cereal β-glucans are 3–8 g, mushroom and yeast β-glucans are about 1 g. These data indicate the need to increase the amount of BAS as part of the SPP of dietary therapeutic nutrition to clinically justified values. At the same time, the given data indicate the expediency of differentiating the SPP, depending on the doses of BAS, into 2 categories: SPP for preventive and SPP for therapeutic action. SPP for dietary preventive nutrition is necessary to compensate the insufficient intake of essential micronutrients and achieve an adequate level of consumption of BAS, which will reduce the risk of alimentary-dependent diseases. In order to provide a clinical effect in pathological conditions, dietary therapeutic SPP should contain higher doses of biologically active substances that exceed the adequate intake level, but do not reach the upper safe intake level.

KEYWORDS: biologically active substances; specialized food products for dietary preventive and therapeutic nutrition.

CONFLICT OF INTERESTS. The authors declare no conflict of interest.

Многие биологически активные вещества (БАВ) используются в качестве функциональных ингредиентов в рецептуре специализированных пищевых продуктов (СПП) диетического лечебного и диетического профилактического питания и биологически активных добавок к пище (БАД). В случае эссенциальных микронутриентов (витамины, полиненасыщенные жирные кислоты, некоторые минеральные вещества), для которых установлена физиологическая потребность, эффективность конечного продукта определяется его способностью восполнить недостаточное потребление с рационом и соответственно восстановить оптимальную обеспеченность организма. Оба эти параметра определяются дозой вносимого микронутриента. Специфическая физиологическая роль каждого из этих микронутриентов достаточно хорошо изучена, установлены критерии нормальной и оптимальной обеспеченности организма, а также имеются данные по обеспеченности разных групп населения этими микронутриентами. В частности, установлено, что чем выше доза витамина, тем быстрее происходит улучшение витаминного статуса [1]. Это облегчает обоснованный выбор и дозирование эссенциальных ингредиентов в составе СПП и БАД к пище. СПП, позиционирующиеся как источники незаменимых микронутриентов, можно рассматривать как диетические профилактические.

Гораздо сложнее осуществить выбор дозы в случае БАВ. Вместо установленной потребности организма в БАВ имеются эпидемиологические данные об уровне их обычного потребления с пищей, как правило, описана ассоциативная связь между потреблением и снижением риска тех или иных заболеваний (на этом основании устанавливают адекватные уровни потребления). Но в отличие от витаминов биохимические механизмы участия БАВ в метаболизме установлены только в исследованиях *in vitro* или экспериментах на животных. Это означает, что, строго говоря, экстраполировать применяемые дозы БАВ на организм человека невозможно. Поэтому в данном обзоре будут проанализированы только результаты использования БАВ в питании человека.

Цель обзора – оценка уровня потребления с пищей куркумина, каротиноидов, β-глюкоанов и таурина, сопоставление доз, разрешенных для применения в составе СПП и БАД к пище, с дозами, обеспечивающими клинический эффект.

Обзор существующей по проблеме литературы за последние годы проводили по базам данных РИНЦ, Google Scholar,

Pubmed, ReserchGate по ключевым словам carotenoids, beta-carotene, lycopene, lutein, taurine, curcumin, β-glucans, а также их эквивалентам на русском языке.

В *таблице 1* приведены адекватный и верхний допустимый уровень потребления БАВ в составе СПП и БАД, суммированы данные по их содержанию в рационе, а также клинически эффективным дозам.

Каротиноиды

Более 50% потребления с пищей трех каротиноидов приходится на шесть фруктов и овощей: α-каротин (морковь), β-каротин (морковь, шпинат, помидоры), β-криптоксантин (апельсиновый сок, мандарин, красный перец) [3]. Потребление β-каротина населением разных стран сильно различается, в среднем составляя 2,2±1,5 мг/сут (6,12±4,24 мкмоль/сут), в диапазоне от 0,7 до 1,9 мг/сут – в Испании, от 0,5 до 3,1 мг/сут – в США, от 4,4 до 7 мг/сут – в Канаде, около 5,3 мг – в Китае [3]. При потреблении 2,4–3,1 мг β-каротина в день его концентрация в плазме крови у лиц с нормолипемией находится вблизи нижней границы адекватной обеспеченности – 20–26 мкг/100 мл [3] или > 0,4 мкмоль/л [10]. Показано, что более высокий биохимический статус β-каротина (концентрация β-каротина 18–19 мкг/100 мл, и особенно концентрация 20–70 мкг/100 мл) ассоциирован с более низким общим уровнем смертности, сердечно-сосудистых заболеваний, инсульта, онкологических заболеваний и других причин смертности [11]. Для вегетарианцев, и особенно веганов, обязательное потребление β-каротина, являющегося провитамином А, должно составлять 10,8 мг/сут, что соответствует потреблению 900 мкг витамина А, лицам с низким потреблением витамина А рекомендуется потреблять до 7 мг β-каротина в день [12].

Среднесуточное потребление ликопина у жителей Европы колеблется от 5 до 7 мг, у населения США – от 5,7 до 10,5 мг [13]. Суточное потребление лютеина варьирует в широком диапазоне: от 0,67 до 20 мг, однако чаще всего потребление находится в диапазоне 1–3 мг [14]. Обсуждаемые в качестве рекомендаций по потреблению уровни составляют 10–20 мг/сут для лютеина и 5,7–15 мг/сут для ликопина [12].

Суточные дозы каротиноидов в интервенционных исследованиях, продолжающихся от 4 до 12 месяцев (в одном до 48 месяцев), составляют для ликопина 15–90 мг, для β-каротина – 15–50 мг, для лютеина – 4–20 мг. К статистически

Таблица 1
Содержание БАВ в рационе, адекватный и верхний допустимый уровень потребления в составе СПП и БАД к пище и клинически эффективные дозы [2–5]

Компонент	Содержание в обычном рационе	Уровень в СПП и БАД [6]		Клинически эффективные дозы
		Адекватный	Верхний допустимый	
Таурин	50–400 мг	400 мг	1,2 г	1,5–3 г [7, 8]
Куркумин	10–1500 мг	50 мг	150 мг	320–1670 мг
β-каротин	0,8–10 мг	5 мг	10 мг	15–50 мг
Ликопин	5–10,5 мг	5 мг	10 мг	10–15 мг
Лютеин	1–3 мг	5 мг	10 мг	≥ 10 мг
Зеаксантин	0,1–0,6 мг	1 мг	3 мг	1–2 мг
β-глюкоаны зерновых	0,7–2,8 г*	200 мг	1000 мг	1,5–8 г (чаще всего 4,5 г)
β-глюкоаны незерновых	0,9–1,8 г**			

Примечание. Расчетная оценка содержания: * – в 40 г овсяных хлопьев быстрого приготовления, ** – в 100 г свежих грибов, исходя из содержания в 100 г сухих белых грибов 8,6–12,3 г β-глюкоанов, в грибах шиитаке и вешенках – 20–25 г [9].

значимому уменьшению по сравнению с группой плацебо параметров окислительного стресса, маркеров резорбции кости приводит прием в течение нескольких месяцев ликопина в дозе 10–15 мг; к улучшению зрительных и когнитивных функций – прием лютеина в дозе, превышающей 10 мг [4]. Указанные дозы лютеина и ликопина несколько превышают разрешенный в настоящее время допустимый уровень их потребления в составе БАД и СПП. Дозы β -каротина, оказывающие клинический эффект, существенно превышают максимальные разрешенные в составе СПП и БАД.

Куркумин

Потребление куркумина определяется частотой использования в питании соуса карри и специй – порошка куркумы, содержащих это БАВ, и, таким образом, зависят от пищевых традиций в том или ином регионе мира. Поступление куркумина у лиц, часто использующих соус карри, может достигать 250 мг/день [15]. Максимальное потребление куркумина до 1,5 г на 1 человека в день характерно для населения Индии [16].

Порошок куркумина используют также в качестве пищевой добавки и натурального красителя для пищевых продуктов (E100). Куркумин имеет статус GRAS и разрешен Управлением по контролю качества продовольственных и лекарственных средств США для использования в качестве ингредиента в различных видах пищевой продукции в количестве 0,5–100 мг на 100 г продукта [17]. Допустимое суточное потребление куркумина в качестве пищевой добавки, по данным Европейского агентства по безопасности пищевых продуктов (EFSA), составляет 3 мг/кг массы тела [17].

Причинно-следственная связь между уровнем потребления куркумина, в модельных опытах на животных проявляющего противовоспалительный эффект, и поддержанием функции суставов у человека не подтвердилась комиссией EFSA [18].

Таурин

Серосодержащая аминокислота таурин относится к заменимым или условно незаменимым аминокислотам, поскольку она не только содержится в пище, но и синтезируется в организме из цистеина и метионина. Однако при некоторых физиологических или определенных клинических состояниях таурин становится незаменимым. Поскольку таурин содержится исключительно в продуктах животного происхождения, риск дефицита таурина возникает у лиц, не потребляющих или ограниченно потребляющих продукты животного происхождения.

Клинические эффекты таурина при сахарном диабете, сердечной недостаточности проявляются при его включении в диетотерапию в дозах 1,5–3 г в течение 2–16 нед. [7, 8]. Таурин (в суточной дозировке от 250–500 мг до 2–3 г) зарегистрирован в качестве лекарственного средства метаболического действия, улучшающего метаболизм и энергообеспечение тканей, для пациентов с сахарным диабетом и сердечной недостаточностью.

β -глюканы

Исследования, проведенные в Австралии, показали, что потребление β -глюкана взрослым населением за счет продуктов из цельного зерна или с его добавлением (сухие

завтраки, хлеб, печенье, крекеры, хлебцы, мука, макаронные изделия, мюсли, батончики на зерновой основе и напитки на растительной основе) составило 21 г/день [19]. Показано, что включение в рацион овсяных хлопьев улучшает маркеры риска сердечно-сосудистых заболеваний у здоровых взрослых и людей с легкими метаболическими нарушениями, преимущественно за счет снижения общего холестерина в сыворотке крови и холестерина (ХС) липопротеидов низкой плотности (ЛПНП), индекса массы тела и окружности талии [20].

Функциональные свойства β -глюкана в основном зависят от его молекулярной массы, длины, конформации, типа связи, соотношения 1 $\rightarrow$ 3, 1 $\rightarrow$ 6 связей, химической или физической модификации, а также количества и природы совместно экстрагированных соединений в препарате β -глюкана, от чего также зависит его растворимость, агрегация и пространственная конформация [21]. Молекулярная масса β -глюканов из зерновых находится в диапазоне: 21–1100 кДа – для ржи, 31–2700 кДа – для ячменя, 65–3100 кДа – для овса, 209–487 кДа – для пшеницы [21].

В пищевой технологии молочных продуктов используются β -глюканы из овсяной и ячменной крупы, проявляющие выраженные технологические функции (гелеобразование, высокая влагосвязывающая способность, повышенный выход готовых продуктов, формирование текстуры и оригинальные сенсорные показатели) в составе молочных продуктов [22]. Рекомендуемые дозы β -глюкана зерновых в молочных продуктах и продуктах на основе молока составляют для молочных напитков 1,9–3,0%, для кисломолочных продуктов – 0,1–0,5%; для сыров и сырных продуктов – 0,2–1,4%; для мороженого и замороженных десертов – 0,5–2,0% [22]. Преимущества овсяного β -глюкана заключаются в способности образовывать вторичную структуру пены в мороженом, предотвращать отделение свободной влаги при производстве кисломолочных продуктов и сыров и действовать как имитатор молочного жира в продуктах с низким содержанием жира [22].

Использование β -глюкана овса в пищевой промышленности стало возможным с 2010 г., когда EFSA подтвердило, что ежедневное потребление β -глюкана овса в дозе 3 г может снизить риск ишемической болезни сердца и оказать положительное влияние на сердечно-сосудистую систему при условии соблюдения диеты с низким содержанием насыщенных жиров [23]. Комиссией EFSA по диетическим продуктам, питанию и аллергии признан эффект β -глюканов снижения уровня ХС ЛПНП у населения в целом, а также было признано научно обоснованным заявление о пользе «для снижения постпрандиальной гликемии 4 г β -глюканов из овса или ячменя на каждые 30 г легко усвояемых углеводов» [24]. Систематический обзор рандомизированных контролируемых исследований показал, что ежедневное потребление в течение 3–8 недель β -глюкана овса в дозе 1,5–6 г приводило к уменьшению в плазме крови уровня общего ХС и ХС ЛПНП, но не отражалось на концентрации триглицеридов и ХС липопротеидов высокой плотности (ЛПВП) [25].

β -глюкан, выделенный из дрожжей, получил статус нового пищевого ингредиента и разрешен к использованию в 2011 г., в том числе в качестве БАД к пище в дозе от 375 до 600 мг/сут, а также в СПП [26]. Этот стандартизованный пищевой ингредиент высокой степени очистки (> 80%,

белок < 4 %; жир < 3 %; зола < 2 % и влажность < 6 %) представляет собой полисахарид с молекулярной массой 100–200 кДа, состоит из β 1,3 и β 1,6 глюкановых структур, к которым прикреплены хитин и различные маннопротеины, нерастворимый в воде, но диспергируемый в жидких матрицах. Директивой Европейского союза от 2017 г., пересмотренной в 2019 г., использование β -глюканов из дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* было распространено и на другие продукты, в том числе соки, напитки (1,3 г/кг), зерновые хлопья для завтрака (15,3 г/кг), печенье (6,7 г/кг), сухое молоко (25,5 г/кг) и молочные продукты (до 3,8 г/кг) [27].

Проблемы, возникающие при создании специализированных пищевых продуктов

Создание СПП, обладающих выраженными профилактическими и тем более лечебными свойствами, представляет собой чрезвычайно сложный процесс, который должен максимально учитывать все факторы, от которых в итоге будет зависеть эффективность его применения. Одним из факторов является состояние организма (исходный витаминно-минеральный статус, учет роли недостатка отдельных витаминов и других микронутриентов в развитии патологического процесса и используемой лекарственной терапии, полиморфизм генов). Другим фактором, влияющим на эффективность применения СПП, является тип рациона, количество в нем пищевых волокон, обладающих адсорбирующими свойствами в отношении некоторых микронутриентов, полиненасыщенных жирных кислот, подверженных перекисному окислению и влияющих на антиоксидантный статус организма [3].

Примером влияния компонентного состава рациона на эффект приема β -каротина является повторный анализ данных ранее проведенного исследования. По результатам анализа 53 рандомизированных исследований с участием 241 883 участников Г. Белакович с соавт. пришли к выводу, что при продолжительности приема 3 года (медиана 2 года, варьирование от 28 дней до 12 лет) витамина А в дозе, превышающей 800 мкг, β -каротина в дозе более 9,6 мг и витамина Е в дозе, превышающей 15 мг РЭ, статистически значимо увеличивалась смертность от всех причин, особенно у хорошо питающихся лиц [28]. Повторный метаанализ данных исследования АТВС (1985–1993 гг.) приема мужчинами-курильщиками (29 133 человека) в течение 6,1 года α -токоферола (50 мг/сут) и β -каротина (20 мг/сут) показал, что прием β -каротина увеличивал смертность у участников, у которых потребление витамина С было < 90 мг/сут, и у тех, кто потреблял $\geq$ 90 мг/сут витамина С, и $\geq$ 275 г/сут овощей и фруктов, и не оказывал никакого вреда тем, кто потреблял $\geq$ 90 мг/сут витамина С и < 275 г/сут овощей и фруктов [29]. Был сделан вывод о том, что прием высоких доз β -каротина модифицируется потреблением витамина С с пищей, потреблением фруктов и овощей, а также приемом витамина Е [29].

В последние годы для анализа результатов влияния приема тех или иных микронутриентов стали применять метаанализы, в ходе которых для увеличения объема выборки в одну группу объединяют слишком отличающиеся друг от друга исследования (использование различных сроков, доз, набора и количества микронутриентов в составе БАД). Используются различные допущения типа «все многокомпонентные БАД для беременных имеют сходный состав» [30].

Кроме того, к разряду действительно многокомпонентных витаминно-минеральных комплексов, содержащих не менее 15 микронутриентов, относят БАД, содержащие 3 и более микронутриентов [30]. Фактически такая объединенная выборка неоднородна по воздействию на организм [31]. Не всегда учитывают состав и микронутриентную ценность рационов обследованных лиц, потребляющих СПП.

Особого внимания заслуживают также клинические испытания СПП. При создании СПП некоторые свойства задаются разработчиком рецептуры продукции субъективно путем дополнительного внесения в процессе изготовления функциональных ингредиентов. Категория «качество» традиционного пищевого продукта обычно включает показатели подлинности и безопасности. Однако применительно к СПП, особенно диетического лечебного питания, по всей видимости, качество не должно ограничиваться только физико-химическими свойствами продукции и отсутствием токсических свойств (показатели безопасности), но также включать такие параметры, как эффективность приема на состояние пациента, и обязательно максимально учитывать возможные негативные последствия. Употребление полиненасыщенных жирных кислот семейства омега-3 также приводит к увеличению перекисного окисления липидов в организме, при этом установлено, что для нивелирования этого нежелательного (побочного) эффекта требуются дополнительные количества витамина Е (0,4–0,6 мг RRR- α -токоферола на 1 г линолевой кислоты) [32].

Заключение

Большинство СПП относится к обогащенным пищевым продуктам. В связи с этим важно еще раз подчеркнуть, что понятие «обогащение пищевой продукции» относится в первую очередь к эссенциальным пищевым веществам, а в случае СПП в определенной мере к БАВ. В последнее время предпринимаются попытки создания «обогащенных» продуктов путем добавления к одному продукту другого продукта. Обогащать тот или иной продукт можно эссенциальными веществами или БАВ, а не продуктами. Или же надо оценить, конкретно каким нутриентом произошло обогащение. В качестве примера можно привести «конструирование пищевых продуктов, обогащенных фруктами и орехами» [33], когда, по сути, создается продукт смешанного состава, который не относится к категории обогащенных. Достичь обогащения молочной продукции витаминами путем добавления ягодных пюре и концентратов также практически невозможно, т.к. хотя и происходит увеличение содержания в 1 порции β -каротина, но оно составляет от 5 до 11 % от адекватного уровня потребления [34]. Другим примером является использование в составе мясной продукции (сыровяленые снеки) продукта пчеловодства (перги) с голословным позиционированием использования ее в качестве источника витаминов, макро-, микронутриентов, ферментов, гормонов, аминокислот [35]. Между тем содержание перечисленных БАВ в перге столь мало, что заметного обогащения достигнуть невозможно.

В соответствии с нормативной базой (технический регламент ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического

Таблица 2
Категории специализированных пищевых продуктов (СПП) по назначению
в зависимости от дозы микронутриентов и/или БАВ

Параметр	Специализированные пищевые продукты (СПП)	
Категория	Диетического профилактического питания	Диетического лечебного питания
Дозы	Физиологические, соответствующие потребности организма в эссенциальных микронутриентах или адекватному уровню потребления БАВ	Превышающие физиологическую потребность (адекватный уровень потребления), обеспечивающие клинический эффект, но не превышающие верхний безопасный уровень потребления
Цель	- предотвращение недостаточного потребления эссенциальных микронутриентов; - полное обеспечение потребности организма в эссенциальных микронутриентах; - достижение адекватного уровня потребления БАВ	- быстрое устранение недостаточного или неадекватного потребления с рационом; - обеспечение клинического эффекта при патологических состояниях

питания») заявленные профилактические или лечебные свойства СПП должны быть подтверждены с позиций доказательной медицины, что подразумевает наличие статистически значимого положительного результата и отсутствие отрицательного воздействия на функцию органов и систем, а также обмен веществ человека [36].

Сравнение доз БАВ, оказывающих положительный эффект на состояние пациентов (табл. 1), показывает, что они существенно выше доз, разрешенных для включения в состав СПП. Это означает, что ожидать выраженный позитивный клинический эффект при использовании более низких доз не приходится, одновременно это свидетельствует о необходимости увеличения количества БАВ до действующих величин: для лютеина до 15 мг, таурина – до 1,5–3 г, куркумина – до 300–1600 мг, бета-глюканов зерновых – до 3–8 г, β-глюканов грибов и дрожжей – до 1 г.

Сравнение адекватных уровней потребления БАВ и уровней, оказывающих положительный эффект на клиническое состояние пациентов, убеждает в необходимости разграничить СПП по действующим дозам БАВ на две категории. В СПП диетического профилактического питания дозы БАВ должны соответствовать или быть близки к адекватному уровню потребления, в СПП диетического лечебного питания дозы БАВ должны быть значительно выше, чтобы обеспечить клинический эффект (табл. 2).

Помимо этого, при оценке эффективности важно учитывать продолжительность приема СПП. Для достижения адекватного уровня в крови и тем более выраженного клинического эффекта требуется определенная, достаточно большая продолжительность приема (табл. 1).

Действительно, прием пациентами с СД 2, ожирением и нефропатией на фоне стандартной гипокалорийной диетотерапии в течение 10–12 дней многокомпонентного СПП, содержащего 6,1 г растворимых пищевых волокон (полидекстроза, гуммиарабик), 700 мг таурина, 47 мг куркумина, 400 мг докозагексаеновой кислоты, а также полный набор витаминов в дозе 48–150 % от физиологической потребности, не привел к заметному улучшению показателей углеводного, липидного обмена и обеспеченности витаминами по сравнению с показателями группы сравнения, не получавшей СПП, наблюдалось лишь предотвращение снижения уровня рибофлавина в сыворотке крови [37]. Таким образом, прием СПП с низкими дозами функциональных ингредиентов (куркумин, таурин) в течение непродолжительного времени не позволил достичь ожидаемого клинического эффекта.

Попытка получить максимальный клинический эффект приводит к созданию многокомпонентных СПП, составленных из БАВ, обладающих теми или иными полезными физиологическими свойствами. При этом исходят из того, что каждый функциональный ингредиент, поступивший в организм из продукта, не только усвоится, но и окажет свое позитивное влияние на ту или иную функцию организма. При этом не всегда учитывается сочетаемость (или, наоборот, «конфликт») ингредиентов. Прием СПП, позиционируемого в качестве источника витаминов и растворимых пищевых волокон (инулин, гуммиарабик и пектин в суммарной дозе, составляющей 300 % от адекватного уровня потребления растворимых пищевых волокон), приводил к уменьшению концентрации токоферолов и β-каротина, несмотря на их наличие в составе продукта [38].

Не менее важным аспектом является обоснованный выбор критериев для оценки клинической эффективности СПП, а также показателей, отражающих не только положительное действие, но и возможное негативное влияние. Представляется естественным, что включение ингредиентов, обладающих антиоксидантными свойствами, автоматически должно подразумевать оценку антиоксидантного статуса организма, однако эти показатели исследуются не всегда.

Таким образом, создание действительно эффективного СПП может быть только результатом сложного многогранного исследования.

Список литературы / References

1. Коденцова В. М., Вржесинская О. А. Витаминно-минеральные комплексы: соотношение доза – эффект // Вопросы питания. 2006;75(1):30–39. Kodentsova V. M., Vrzhesinskaya O. A. Multivitamin-mineral complexes «dosa – effect» correlation. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2006;75(1):30–39 (in Russian).
2. Коденцова В. М., Рисник Д. В., Саркисян В. А., Фролова Ю. В. Адекватные и клинически эффективные уровни потребления куркумина // Вопросы питания. 2022;91(5):6–15. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-5-6-15> Kodentsova V. M., Risnik D. V., Sarkisyan V. A., Frolova Yu. V. Adequate and clinically effective levels of curcumin consumption. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2022;91(5):6–15. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-5-6-15> (in Russian)
3. Коденцова В. М., Жилинская Н. В., Шпигель Б. И. Витаминология: от молекулярных аспектов к технологиям витаминизации детского и взрослого населения // Вопросы питания. 2020;89(4):89–99. DOI: [10.24411/0042-8833-2020-10045](https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10045) Kodentsova V. M., Zhilinskaya N. V., Shpigel B. I. Vitaminology: from molecular aspects to improving technology of vitamin status children and adults. Voprosy pitaniia [Problems of Nutrition]. 2020;89(4):89–99 (in Russian). DOI: [10.24411/0042-8833-2020-10045](https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10045)
4. Коденцова В. М., Рисник Д. В. Каротиноиды: пищевые источники, уровень потребления и клинически эффективные дозы // Медицинский совет. 2022. Kodentsova V. M., Risnik D. V. Carotenoids: Dietary Sources, Adequate and Clinically Effective Doses. Meditsinskiy sovet = Medical Council. 2022 (in Russian).
5. Коденцова В. М., Рисник Д. В., Ладодо О. Б. Функциональный ингредиент таурин: адекватные и клинически эффективные дозы // Медицинский совет. 2022;16(14):88–95. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-14-88-95> Kodentsova V. M., Risnik D. V., Ladodo O. B. Functional ingredient taurine: adequate and clinically effective doses. Meditsinskiy Sovet. 2022;16(14):88–95 (in Russian). <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-14-88-95>
6. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (Глава II. Раздел 1. Требования безопасности и пищевой ценности пищевой продукции), утверждены Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. N299.

- Uniform sanitary-epidemiological and hygienic requirements for goods subject to sanitary-epidemiological supervision (control) [Chapter II, Section 1. Requirements for the safety and nutritional value of food products], approved by the Decision of the Commission of the Customs Union of May 28, 2010 N299 (in Russian).
7. Garadakhli T., Gadane L.K., McSweeney K.R., Abraham J.R., Apostolopoulos V., Zulli A. The anti-inflammatory effect of taurine on cardiovascular disease. *Nutrients*. 2020;12(9):2847. DOI: 10.3390/nu12092847
 8. Maleki V., Mahdavi R., Hajizadeh-Sharafabad, F., Alizadeh M. The effects of taurine supplementation on oxidative stress indices and inflammation biomarkers in patients with type 2 diabetes: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Diabetol Metab Syndr*. 2020;12:9. DOI: 10.1186/s13098-020-0518-7
 9. Cerletti C., Esposito S., Iacoviello L. Edible mushrooms and beta-glucans: Impact on human health. *Nutrients*. 2021;13(7):2195. DOI: 10.3390/nu13072195
 10. Filardi T., Vari R., Ferretti E., Zicari A., Morano S., Santangelo C. Curcumin: could this compound be useful in pregnancy and pregnancy-related complications? *Nutrients*. 2020;12(10):3179. DOI: 10.3390/nu12103179
 11. Huang J., Weinstein S.J., Yu K., Männistö S., Albanes D. Serum beta carotene and overall and cause-specific mortality: a prospective cohort study. *Circ. Res*. 2018;123(12):1339–1349. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.118.313409
 12. Toti E., Chen C.Y. O., Palmery M., Villaño Valencia D., Peluso I. Non-provitamin A and provitamin A carotenoids as immunomodulators: recommended dietary allowance, therapeutic index, or personalized nutrition? *Oxid. Med. Cell. Longev*. 2018;2018:4637861. DOI: 10.1155/2018/4637861
 13. Przybylska S., Tokarczyk G. Lycopene in the prevention of cardiovascular diseases. *Int J. Mol. Sci*. 2022;23(4):1957. DOI: 10.3390/ijms23041957
 14. Buscemi S., Corleo D., Di Pace F., Petroni M.L., Satriano A., Marchesini G. The Effect of Lutein on Eye and Extra-Eye Health. *Nutrients*. 2018;10(9). pii: E1321. DOI: 10.3390/nu10091321
 15. Nguyen H.D., Kim M.S. Effects of heavy metal, vitamin, and curc consumption on metabolic syndrome during menopause: a Korean community-based cross-sectional study. *Menopause*. 2021;28(8):949–959. DOI: 10.1097/GME.0000000000001825
 16. Vázquez-Fresno R., Rosana A.R.R., Sajed T., Onokome-Okome T., Wishart N.A., Wishart D.S. Herbs and spices-biomarkers of intake based on human intervention studies—a systematic review. *Genes*. 2019;14:18. DOI: 10.1186/s12263-019-0636
 17. Martini D., Negrin, L., Marino M., Riso P., Del Bo C., Porini M. What Is the Current Direction of the Research on Carotenoids and Human Health? An Overview of Registered Clinical Trials. *Nutrients*. 2022;14(6):1191. DOI: 10.3390/nu14061191
 18. Turck D., Bresson J.-L., Burlingame B., Dean T., Fairweather-Tait S., Heinonen M. et al. EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies). 2017. Scientific Opinion on the curcumin and normal functioning of joints: evaluation of a health claim pursuant to Article 13(5) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*. 2017;15(5):4774, 9 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4774>
 19. Hughes J., Grafenauer S. Oat and Barley in the Food Supply and Use of Beta Glucan Health Claims. *Nutrients*. 2021;13:2556. <https://doi.org/10.3390/nu13082556>
 20. Ulanaj E., Dejanovic G.M., Valido E., Bano A., Gamba M., Kastrati L., Muka T. Effect of oat supplementation interventions on cardiovascular disease risk markers: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur. J. Nutr*. 2022;61(4):1749–1778. DOI: 10.1007/s00394-021-02763
 21. Du B., Meenu M., Liu H., Xu B. A concise review on the molecular structure and function relationship of β -glucan. *Int J. Mol. Sci*. 2019;20(16):4032. DOI: 10.3390/ijms20164032
 22. Mykhalevych A., Polishchuk G., Nassar K., Osmak T., Buniowska-Olejnik M. β -Glucan as a techno-functional ingredient in dairy and milk-based products – A review. *Molecules*. 2022;27(19):6313. DOI: 10.3390/molecules27196313
 23. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to oat beta glucan and lowering blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA J*. 2010;8:1885. DOI: 10.2903/j.efsa.2010.1885
 24. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to beta-glucans from oats and barley and maintenance of normal blood LDL-cholesterol concentrations, increase in satiety leading to a reduction in energy intake, reduction of post-prandial glycaemic responses, and "digestive function" pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No. 1924/2006. *EFSA J*. 2011;9(6):2207. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2207>
 25. Yu J., Xia J., Yang C., Pan D., Xu D., Sun G., Xia H. Effects of Oat Beta-Glucan Intake on Lipid Profiles in Hypercholesterolemic Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients*. 2022;14(10):2043. DOI: 10.3390/nu14102043
 26. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Scientific Opinion on the safety of 'yeast beta-glucans' as a Novel Food ingredient. *EFSA J*. 2011;9:2137. DOI: 10.2903/j.efsa.2011.2137
 27. Avramia I., Amari S. Spent Brewer's yeast as a source of insoluble β -glucans. *Int J. Mol. Sci*. 2021;22(2):825. DOI: 10.3390/ijms22020825
 28. Bjelakovic G., Nikolova D., Glud L.L., Simonetti R.G., Glud C. Antioxidant supplements for prevention of mortality in healthy participants and patients with various diseases. *Sao Paulo Medical Journal*. 2015;133:164–165. DOI: 10.1590/1516-3180.2015133271
 29. Hemilä H. The effect of β -carotene on the mortality of male smokers is modified by smoking and by vitamins C and E: evidence against a uniform effect of nutrient. *J. Nutr. Sci*. 2020;9:e11. DOI: 10.1017/jns.2020.3
 30. Petry C.J., Ong K.K., Hughes I.A., Dunger D.B. Multiple micronutrient supplementation during pregnancy and increased birth weight and skinfold thicknesses in the offspring: The Cambridge Baby Growth Study. *Nutrients*. 2020;12(11):3466. <https://doi.org/10.3390/nu12113466>
 31. Коденцова В.М., Рисник Д.В. Мультимикронутриентные комплексы в питании беременных женщин: критический разбор результатов исследований // Медицинский алфавит. Диетология и нутрициология. 2021;(22/1):68–74. DOI: 10.33667/2078-5631-2021-21-68-74
 32. Kodentsova V.M., Risnik D.V. Multimicronutrient supplements in nutrition of pregnant women: critical analysis of research results. *Medical alphabet*. 2022;2021 Dietetic and Nutrition (1): 68–74 (in Russian). DOI: 10.33667/2078-5631-2021-21-68-74
 33. Raederstorf D., Wyss A., Calder P.C., Weber P., Eggersdorfer M. Vitamin E Function and Requirements in Relation to PUFA. *Br. J. Nutr*. 2015;114(8):1113–1122. DOI: 10.1017/S000711451500272X
 34. Шипулин В.И., Касьянов Г.И., Зотова А.В. Конструирование пищевых продуктов, обогащенных фруктами и орехами // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2017;(4):51–62.
 35. Shipulin V., Kasjanov G., Zotova A. Manufacture of food products enriched by fruits and nuts. *newsletter of North-Caucasus federal university*. 2017;(4):51–62 (in Russian).
 36. Коденцова В.М., Рисник Д.В. Обогащенные молочные продукты как перспективный носитель дефицитных микронутриентов в рационе россиян // Молочная промышленность. 2021;(8):58–61. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-08-10-13
 37. Kodentsova V.M., Risnik D.V. Fortified dairy products as a promising carrier of deficient micronutrients in the diet of Russians. *Molochnaya promyshlennost'* (Dairy industry). 2021;(8):58–61 (in Russian). DOI: 10.31515/1019-8946-2021-08-10-13
 38. Сухов М.А., Гиро Т.М. Сыровяленные снеки, обогащенные витаминно-минеральным комплексом // Мясная индустрия. 2021;(3):36–40. DOI: 10.37861/2618-8252-2021-03-36-40
 39. Sukhov M.A., Giro T.M. Jerky snacks enriched with vitamin-mineral complex. *Meat industry*. 2021;(3):36–40 (in Russian). DOI: 10.37861/2618-8252-2021-03-36-40
 40. Глазкова И.В., Саркисян В.А., Сидорова Ю.С., Мазо В.К., Кочеткова А.А. Основные этапы оценки эффективности специализированных пищевых продуктов // Пищевая промышленность. 2017;(12):8–11.
 41. Glazkova I.V., Sarkisyan V.A., Sidorova Yu. S., Mazo V.K., Kochetkova A.A. The main stages of evaluating the effectiveness of specialized food products. *Food industry*. 2017;(12):8–11 (in Russian).
 42. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Леоненко С.Н., Шарафетдинов Х.Х., Рисник Д.В. Многокомпонентный специализированный пищевой продукт для пациентов с диабетической нефропатией и ожирением: ожидаемый и достигнутый эффект // Вопросы диетологии. 2022;12(2):5–14. DOI: 10.20953/2224-5448-2022-2-5-14
 43. Kodentsova V.M., Vrzhesinskaya O.A., Leonenko S.N., Sharafetdinov Kh. Kh., Risnik D.V. Multicomponent specialized dietary product for patients with diabetic nephropathy and obesity: expected and achieved effects. *Vopr. diol. (Nutrition)*. 2022;12(2):5–14 (in Russian). DOI: 10.20953/2224-5448-2022-2-5-14
 44. Вржесинская О.А., Коденцова В.М., Шарафетдинов Х.Х., Бекетова Н.А., Кошелева О.В., Плотникова О.А., Пилипенко В.В., Алексеева Р.И., Леоненко С.Н., Сокольников А.А. Влияние приема напитка с витаминами и пищевыми волокнами на витаминный статус пациентов с сахарным диабетом 2 типа и ожирением // Вопросы диетологии. 2018;8(4):5–12. DOI: 10.20953/2224-5448-2018-4-5-12
 45. Vrzhesinskaya O.A., Kodentsova V.M., Sharafetdinov Kh. Kh., Beketova N.A., Kosheleva O.V., Plotnikova O.A., Piliipenko V.V., Alekseeva R.I., Leonenko S.N., Sokolnikov A.A. Effects of a beverage with added vitamins and dietary fibers on the vitamin status of obese patients with diabetes mellitus type 2. *Vopr. diol. (Nutrition)*. 2018;8(4):5–12. (in Russian). DOI: 10.20953/2224-5448-2018-4-5-12

Статья поступила / Received 16.03.23
Получена после рецензирования / Revised 21.03.23
Принята в печать / Accepted 22.03.23

Сведения об авторах

Коденцова Вера Митрофановна, д.б.н., проф., главный научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ¹. E-mail: kodentsova@ion.ru. ORCID: 0000-0002-5288-1132

Рисник Дмитрий Владимирович, к.б.н., ведущий научный сотрудник кафедры биофизики². E-mail: biant3@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3389-8115

Крюкова Елизавета Вячеславовна, д.т.н., проф., профессор кафедры «Пищевая безопасность»³. E-mail: kryukovae@mgupp.ru. ORCID: 0000-0001-6858-3618

Дарий Сергей Геннадьевич, аспирант³. E-mail: s_dary@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2708-2109

¹ ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», г. Москва, Россия

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», биологический факультет, г. Москва, Россия

³ ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет» («РОСБИОТЕХ»), Москва, Россия

Автор для переписки: Коденцова Вера Митрофановна. E-mail: kodentsova@ion.ru

Вклад авторов. Концепция и дизайн исследования – Коденцова В.М.; сбор материала – Дарий С.Г.; анализ материала, подготовка таблиц и списка литературы – Рисник Д.В.; написание текста – Коденцова В.М.; редактирование – Коденцова В.М., Крюкова Е.В.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все авторы.

Для цитирования: Коденцова В.М., Рисник Д.В., Крюкова Е.В., Дарий С.Г. Функциональные ингредиенты для специализированных пищевых продуктов: вопросы, требующие решения. *Медицинский алфавит*. 2023; (8): 8–13. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-8-8-13>.

About authors

Kodentsova Vera M., D. Biol., Prof., Chief Researcher of the Laboratory of vitamins and minerals¹. E-mail: kodentsova@ion.ru. ORCID: 0000-0002-5288-1132

Risnik Dmitry V., PhD of Biology, Leading Researcher, Faculty of Biology². E-mail: biant3@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3389-8115

Kryukova Elizaveta V., D. Eng., Prof., Professor of the Department of Food Safety³. E-mail: kryukovae@mgupp.ru. ORCID: 0000-0001-6858-3618

Dary Sergey G., PhD-student³. E-mail: s_dary@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2708-2109

¹ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

² Moscow State University M.V. Lomonosov, Moscow, Russia

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), Moscow, Russia

Corresponding author: Kodentsova Vera M. E-mail: kodentsova@ion.ru

Contribution of the authors. The concept and design of the study – Kodentsova V.M.; collection of material – Darius S.G.; analysis of the data, preparation of tables and references – Risnik D.V.; writing the text – Kodentsova V.M.; editing – Kodentsova V.M., Kryukova E.V.; approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article – all authors.

For citation: Kodentsova V.M., Risnik D.V., Kryukova E.V., Dary S.G. Functional Ingredients for Specialized Foods: Issues to be Addressed. *Medical alphabet*. 2023; (8): 8–13. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-8-8-13>.